

**Секция 4.** Технология и моделирование процессов подготовки и переработки углеводородного сырья

Также из нижеприведенного рисунка, можно сказать, что величина отношения парафины/(нафтен+ароматические) в сырье, влияет на такие показатели, как октановое число и выход катализата. Наибольшее ОЧИ в сырье 6, а наи-

лучший выход катализата в 7 сырье.

Следовательно, приходим к такому выводу, что использование математической модели процесса и основанной на ней компьютерной программы, является очень удобным.

**Список литературы**

1. Кузьмина Р.И., Севостьянов В.П., Сидоров Г.М., Корякин В.А. Каталитический риформинг углеводородов / Под ред. Проф. Р.И.

Кузьминой. – Саратов: Изд-во СЮИ МВД России, 2010. – 252с.

## ГИДРОГЕНИЗАЦИЯ АНТРАЦЕНА В ПРИСУТСТВИИ КОМПОЗИТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

А.М. Дюсекенов<sup>1</sup>, Ж.С. Ахметкаримова<sup>1</sup>, А.Т. Ордабаева<sup>1</sup>,  
Ж.Х. Мулдахметов<sup>1</sup>, М.С. Остапенко<sup>2</sup>

Научный руководитель – д.х.н., профессор М.И. Байкенов

<sup>1</sup>Институт органического синтеза и углехимии  
Казахстан, г. Караганды, [Dyusekenov-artan@mail.ru](mailto:Dyusekenov-artan@mail.ru)

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30

Нанесение каталитически активного компонента тонким слоем, с максимально равномерным распределением его на поверхности, обеспечивает уменьшение расходов активных металлов, дает увеличение активной поверхности при невысоком содержании активного агента. Структурно цеолиты являются сложными кристаллическими неорганическими полимерами, элементарными строительными блоками в которых являются тетраэдры  $\text{AlO}_4$  и  $\text{SiO}_4$  (атомы Al и Si принято идентифицировать как Т атомы) связанные с друг с другом общим ионом кислорода. Каждый тетраэдр  $\text{AlO}_4$  несет отрицательный заряд, компенсирующий вне каркасными катионами. Важно отметить, что согласно Ловенштейну [1–4], смежное расположение тетраэдров  $\text{AlO}_4$  в каркасе цеолитов невозможно из-за электростатического отталкивания отрицательных зарядов этих тетраэдров.

В качестве подложки катализаторов использовался один из наиболее современных сверхвысококремнеземных синтетических цеолитов ZSM-5 с модулем  $\text{Si}/\text{Al}=50$ . По данным [5] цеолит ZSM-5 –  $\text{Na}[\text{AlSi}_{96-n}\text{O}_{192}]\cdot 16\text{H}_2\text{O}$ , ( $n=3-5$ ), средний размер каналов  $0,51\times 0,56-0,51\times 0,55$  (3D). Цеолит ZSM-5 (zeolite «Socon Mobil») не содержит больших полостей. Он представляет собой трехмерную пористую структуру, состоящую из прямых каналов и связывающих их зигзагообразных каналов. Диаметр 10-членных

колец, являющихся сечениями прямых каналов цеолита ZSM-5, составляет 0,55 нм.

Для получения композитного железосодержащего катализатора сульфат железа ( $\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) растворяли в дистиллированной воде и добавили к синтетическому цеолиту, перемешивали в течение 60 минут при комнатной температуре и упарили на ротаторном испарителе. Получили цеолит с нанесенным сульфидом железа. Модифицирование полученного образца проводили в условиях термической обработки (при температуре  $750^\circ\text{C}$ , длительность 30 минут) с целью перевода металлов в оксидную форму. В ходе, которого происходит формирование каталитически активных центров, с образованием оксида железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{ZSM}$ ).

Аналогично был получен композитный катализатор на основе кобальта импрегнированный на поверхность синтетического цеолита ( $\text{CoO}/\text{ZSM}$ ).

Эксперименты гидрирования антрацена проводили в автоклаве высокого давления «CJF-0,05» из жаропрочной нержавеющей стали объемом 0,05 л. Предварительно перемешанные исходные компоненты помещали в реактор, герметизировали, продували водородом и закачивали водород до 4,0 МПа, нагревали до температуры  $400^\circ\text{C}$  при скорости нагрева  $10^\circ\text{C}$  в минуту. Продолжительность процесса составила 60 мин после достижения автоклавом рабочей темпе-

ратуры. В ходе исследования установлено, что в одинаковых условиях  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{ZSM}$  и  $\text{CoO}/\text{ZSM}$  образуют состав продуктов реакции различный по соотношению компонентов. Так, при незначительной разнице в степени конверсии антрацена – 95,02% для  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{ZSM}$  и 97,38% для  $\text{CoO}/\text{ZSM}$ , разница в содержании продуктов гидрогенолиза и гидрирования более заметна.

Таким образом, в ход проведения сравнительного анализа представленных продуктов

реакции полученных в процессе гидрирования линейного полиароматического соединения, антрацена, в присутствии цеолитного носителя, импрегнированных высокодисперсными железозо- и кобальтсодержащими добавками, можно констатировать, что синтезированные катализатор на основе кобальта проявляет высокую активность в процессах гидрирования, гидродеструкции объекта исследования.

### Список литературы

1. Ахметкаримова Ж.С., Мулдахметов З.М., Мейрамов М.Г., Ордабаева А.Т., Мулдахметов Ж.Х., Байкенов М.И. // Доклады НАН РК, 2015.– №3.– С.80–87.
2. Ахметкаримова Ж.С., Байкенов М.И., Ма Фэн Юнь // Химия твердого топлива, 2016.– №5.– С.3–8.
3. Байкенов М.И., Байкенова Г.Г., Исабаев А.С., Татеева А.Б., Ахметкаримова Ж.С. // Химия твердого топлива, 2015.– №3.– С.22–28.
4. Ахметкаримова Ж.С., Мейрамов М.Г., Байкенов М.И., Мулдахметов М.З. // Известия НАН РК, 2015.– №1.– С.116–124.
5. Гудун К.А., Ахметкаримова Ж.С., Ма Фэн Юнь, Байкенов М.И. // Вестник КарГУ, 2013.– №1(69).– С.44–48.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗОЭНТРОПИЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ В СХЕМЕ ПРОМЫСЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ ГАЗА

В.О. Елшин

Научный руководитель – к. т. н., доцент Е.А. Кузьменко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, yolshinvlad@sibmail.com

В настоящее время наблюдаются проблемы технологии низкотемпературной сепарации при промышленной подготовке газа, связанные с падением пластового давления в процессе эксплуатации месторождений и невозможностью, в связи с этим, обеспечить низкие температуры на второй и третьей ступенях сепарации. Требуется внедрение в традиционную технологическую схему дополнительных стадий компремирования и изоэнтروпийного охлаждения с помощью турбодетандерных агрегатов (ТДА).

Поскольку для прогнозирования и оптимизации процессов первичной подготовки газа широко используют модернизирующие системы, разработка модели изоэнтروпийной технологии включение ее в моделирующую систему промышленной подготовки газа, является актуальной задачей.

Нами рассмотрены различные подходы к расчету турбодетандерных агрегатов, обеспечивающих изоэнтропийную технологию [1, 2].

Предварительно проанализированы экспериментальные данные с установки комплексной

подготовки газа (УКПГ) и подготовлен блок исходных данных для расчета температуры на выходе ТДА (табл. 1).

Предложен следующий алгоритм расчета температуры газового потока на выходе из ТДА:

По составу потока на входе в ТДА при соответствующих значениях температуры  $T_0$  и давления  $P_0$  определяется энтальпия газа входного потока:

$$I_0 = T_0 \cdot \sum_{j=1}^{12} (a_j + b_j \cdot T_0 + c_j \cdot T_0^2 + d_j \cdot T_0^3) \cdot 4,1887 \cdot C_j$$

где  $a_j$ ,  $b_j$ ,  $c_j$ ,  $d_j$  – коэффициенты из уравнения мольного равновесия;  $C_j$  – концентрация газовой смеси.

По холодопроизводительности аппарата и коэффициенту, учитывающему внешние утечки, определяем действительный перепад энтальпии:

$$I = \frac{Q \cdot \mu_{\text{газа}}}{G \cdot 2\nu},$$

где  $Q$  – холодопроизводительность, кВт;  $\mu_{\text{(газа)}}$  – вязкость газа, м<sup>2</sup>/с;  $G$  – массовый расход газа,